

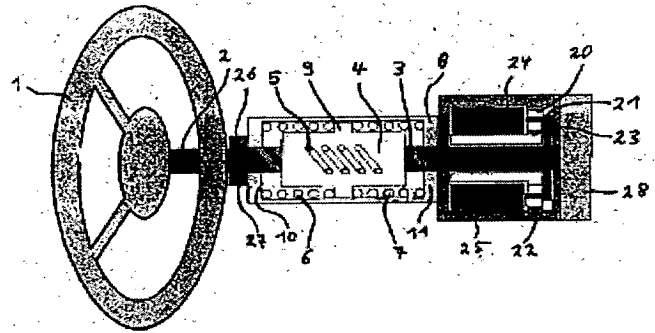
## Steering wheel simulator unit has reaction torque simulator with steering wheel shaft fixed to steering wheel without relative rotation

**Patent number:** DE10157797  
**Publication date:** 2002-09-19  
**Inventor:** BAYER RONALD (DE); SCHIEL LOTHAR (DE); BOEHM JUERGEN (DE); JUNGBECKER JOHANN (DE); LINKENBACH STEFFEN (DE); HOFFMANN OLIVER (DE); NELL JOACHIM (DE); FISCHBACH BURKHARD (DE); ALBAN THOMAS (DE); RATH THOMAS (DE)  
**Applicant:** CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG (DE)  
**Classification:**  
- **International:** B62D5/00; B62D5/04  
- **European:** B62D5/04  
**Application number:** DE20011057797 20011127  
**Priority number(s):** DE20011057797 20011127; DE20001059201 20001129

Report a data error here

### Abstract of DE10157797

The simulator unit has a mechanical reaction torque simulator, which has a steering wheel shaft (2) fixed without relative rotation to the steering wheel (1). At least one part of the shaft forms a threaded spindle (3), preferably ball-type, which as it rotates, moves a spindle nut (4) along its axis to act on an elastic substance, thus producing a reaction torque.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 101 57 797 A 1

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
B 62 D 5/00  
B 62 D 5/04

21 Aktenzeichen: 101 57 797.4  
22 Anmeldetag: 27. 11. 2001  
43 Offenlegungstag: 19. 9. 2002

DE 101 57 797 A 1

66 Innere Priorität:  
100 59 201 5 29. 11. 2000

71 Anmelder:  
Continental Teves AG & Co. oHG, 60488 Frankfurt,  
DE

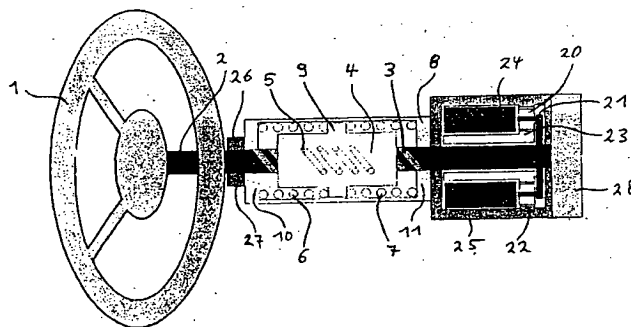
72 Erfinder:  
Bayer, Ronald, 63165 Mülheim, DE; Schiel, Lothar,  
65719 Hofheim, DE; Böhm, Jürgen, Dr., 65558  
Oberneisen, DE; Jungbecker, Johann, 55576  
Badenheim, DE; Linkenbach, Steffen, 65760  
Eschborn, DE; Hoffmann, Oliver, 60486 Frankfurt,  
DE; Nell, Joachim, 63452 Hanau, DE; Fischbach,  
Burkhard, 61389 Schmitten, DE; Alban, Thomas,  
65760 Eschborn, DE; Rath, Thomas, 63128  
Dietzenbach, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gem. Paragraph 43 Abs. 1 Satz PatG ist gestellt

54 Simulatoreinheit für ein Lenkrad einer Fahrzeuglenkung

57 Eine Simulatoreinheit für ein Lenkrad einer Fahrzeuglenkung, die Mittel aufweist, um ein Reaktionsmoment zu erzeugen, das entgegengesetzt ist zu einem Lenkmoment, welches durch eine Drehbewegung des Lenkrads durch den Fahrer aufgebracht werden kann, ist dadurch gekennzeichnet, dass der Simulatoreinheit ein mechanischer Reaktionsmomentsimulator zugeordnet ist, der eine mit dem Lenkrad im Wesentlichen drehfest verbundene Lenkradwelle aufweist, die zumindest in einem Teilbereich als eine Gewindespindel, vorzugsweise eine Kugelgewindespindel, ausgebildet ist, die bei einer Drehbewegung eine längs der Gewindespindelachse verschiebbliche Spindelmutter, vorzugsweise eine Kugelmutter, antreibt, die auf ein elastisches Mittel wirkt, zwecks Erzeugung eines Reaktionsmoments.



DE 101 57 797 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft eine Simulatoreinheit für ein Lenkrad einer Fahrzeuglenkung, die Mittel aufweist, um ein Reaktionsmoment zu erzeugen, das entgegengesetzt ist zu einem Lenkmoment, welches durch eine Drehbewegung des Lenkrads durch den Fahrer aufgebracht werden kann.

[0002] Heutige Kraftfahrzeuge, insbesondere Personenkraftwagen, sind in der Regel mit hydraulischen oder elektrohydraulischen Servolenkungen ausgestattet, bei denen ein Lenkrad mechanisch mit den lenkbaren Fahrzeugrädern zwangsgekoppelt ist. Die Servounterstützung ist derart aufgebaut, dass im Mittelbereich des Lenkmechanismus Aktuatoren, z. B. Hydraulikzylinder, angeordnet sind. Durch eine von den Aktuatoren erzeugte Kraft wird die Betätigung des Lenkmechanismus in Reaktion auf die Drehung des Lenkrads unterstützt. Dadurch ist der Kraftaufwand des Fahrers beim Lenkvorgang verringert.

[0003] Ferner sind Fahrzeuglenkungen bekannt, bei denen das Lenkrad und die gelenkten Fahrzeugräder nur über eine Regelstrecke gekoppelt sind und wobei eine mechanische Verbindung zwischen dem Lenkrad und den Fahrzeugrädern nicht mehr vorliegt (Steer-by-wire-Lenkung). Die lenkbaren Fahrzeugräder werden dann durch Stellaggregate, wie elektrohydraulische oder elektromechanische Stellaggregate, und über weitere Elemente verstellt (elektrohydraulische oder elektromechanische Lenkung). Dabei sind die Stellaggregate meist so ausgebildet, dass diese eine Lenkstange linear bewegen und über eine oder zwei Spurstangen und Spurstangenhebel die Räder in die gewünschte Stellung verschwenken.

[0004] Bei einer Steer-by-wire-Lenkung ist dem nicht mechanisch mit den verschwenkbaren Rädern verbundenen Lenkrad eine Simulatoreinheit zugeordnet, die auf das Lenkrad ein Reaktionsmoment bzw. eine Reaktionskraft mittels eines Reaktionsmomentsimulators aufbringt, damit der Fahrer eine Rückmeldung über die an den lenkbaren Rädern wirkenden Kräfte erhält. Bekannt sind insbesondere mit einem elektronisch ansteuerbaren Motor versehene Reaktionsmomentsimulatoren, im folgenden als "aktive Reaktionsmomentsimulatoren" bezeichnet. Der Motor, z. B. ein Elektromotor, treibt den Reaktionsmomentsimulator nach Maßgabe der aktuellen Fahrsituation (aktueller Fahrzeugzustands), wie erkannte Fahrzeuggeschwindigkeit oder Lenkbetätigungswinkel des Lenkrads. Durch den Reaktionsmomentsimulator wird so auf das Lenkrad ein Reaktionsmoment bzw. eine Reaktionskraft zum Ausrichten des Lenkrads in dessen Neutralposition oder Null-Lage aufgebracht. Dabei wird die Reaktionskraft in Reaktion auf den Betrag der Fahrzeuggeschwindigkeit (hoch oder gering) und die Größe des Lenkbetätigungswinkels (groß oder klein) geregelt. Auch das auf das Lenkrad gegen die Reaktionskraft durch den Fahrer aufgebrachte Moment kann ermittelt werden und die zu erzeugende Lenkforce entsprechend vergrößert oder verringert werden. Ziel ist es im Grundsatz, das Moment am Lenkrad entsprechend der an den Rädern wirkenden Kräfte einzustellen, um ein zumindest annähernd gleiches Lenkgefühl wie bei einer herkömmlichen Lenkung zu simulieren, bei der das Lenkrad mechanisch mit dem Lenkmechanismus verbunden ist. Es kann aber ebenso vorgesehen werden, eine bestimmte, geänderte Lenkcharakteristik zu erzeugen.

[0005] Wenn bei einer Steer-by-wire-Lenkung der aktive Reaktionsmomentsimulator eine Funktionsstörung aufweist oder ausfällt, könnte der Fahrer bei Betätigung des Lenkrads kein Reaktionsmoment erfahren. Ist keine dem vom Fahrer auf das Lenkrad aufgebrachte Handkraft bzw. Drehmoment entgegengesetzte Reaktionskraft vorhanden, würde sich das

Lenkgefühl für den Fahrer so stark ändern und von dem einer herkömmlichen Fahrzeuglenkung unterscheiden, dass das Fahrzeugs für die meisten Fahrer kaum noch beherrschbar wäre. Daher weisen bekannte Steer-by-wire-Lenkungen eine mechanische "Rückfallebene" auf, welche durch mechanische Mittel realisiert wird, die ein Grundcharakteristik für das Lenkrad erzeugen.

[0006] Es ist die Aufgabe der Erfindung, eine Simulatoreinheit zu schaffen, durch die einem Lenkrad einer Fahrzeuglenkung ein gewünschtes Reaktionsmoment aufprägbar ist und die sicher und zuverlässig arbeitet.

[0007] Die Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Spezielle Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Unteransprüchen angegeben.

[0008] Nach der Erfindung ist es wesentlich, dass der Simulatoreinheit ein mechanischer Reaktionsmomentsimulator zugeordnet ist, der eine mit dem Lenkrad im wesentlichen drehfest verbundene Lenkradwelle aufweist, die zumindest in einem Teilbereich als eine Gewindespindel, vorzugsweise eine Kugelgewindespindel, ausgebildet ist, die bei einer Drehbewegung eine längs der Gewindespindelachse verschiebbliche Spindelnutter, vorzugsweise eine Kugelmutter, antreibt, die auf ein elastisches Mittel wirkt, zwecks Erzeugung eines Reaktionsmoments.

[0009] Der Begriff "Reaktionsmoment" ist im Sinne der Erfindung sehr weit aufzufassen. Es ist jedes Moment bzw. jede Kraft gemeint, das/die bei einer Auslenkung des Lenkrads durch insbesondere ein vom Fahrer auf das Lenkrad ausgeübtes Moment oder Kraft der Auslenkung entsprechend entgegengesetzt wirkt. Dabei wird das Reaktionsmoment bzw. die Reaktionskraft insbesondere bei einer Verdrehung des Lenkrads aus seiner Null-Stellung oder Null-Lage erzeugt, die zumindest annähernd einer Geradeausfahrt des Fahrzeugs entspricht. Dadurch ist dem Lenkrad mit relativ einfachen und sicheren technischen Mitteln eine bestimmte, gewünschte Lenkungsbediencharakteristik aufprägbar. Da diese Mittel vorzugsweise nur mechanisch arbeiten, sind diese gegen Fehler in der Bordelektronik des Fahrzeugs, z. B. Ausfall der elektrischen Energieversorgung, immun.

[0010] Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, dass das elastische Mittel durch die Bewegung der Kugelmutter im wesentlichen längs der Gewindespindelachse elastisch verformbar ist.

[0011] In Ausgestaltung der Erfindung ist es vorgesehen, dass als elastisches Mittel eine im wesentlichen gewundene Druckfeder vorgesehen ist, die konzentrisch um die Gewindespindel angeordnet ist.

[0012] Nach der Erfindung sind zwei elastische Mittel, vorzugsweise zwei Druckfedern, vorgesehen, zwecks Erzeugung eines Reaktionsmoments beim Drehen der Lenkradwelle in beide Drehrichtungen. Vorteilhaft kann so über die zwei Druckfedern bei einer Auslenkung des Lenkrads aus einer Null-Lage durch ein vom Fahrer auf das Lenkrad ausgeübtes Moment bzw. Kraft, durch das elastische Mittel ein der Auslenkung entsprechendes Reaktionsmoment/Reaktionskraft in beide Drehrichtungen erzeugt werden. Darüber hinaus kann vorteilhaft so eine Mittenzentrierung des Lenkrads realisiert werden.

[0013] Die Aufgabe wird ebenso dadurch gelöst, dass der Simulatoreinheit ein aktiver Reaktionsmomentsimulator zugeordnet ist, der einen elektronisch ansteuerbaren Motor aufweist, der direkt oder über ein Getriebe auf die Lenkradwelle wirkt, zwecks Erzeugung eines Reaktionsmoments. Diese Ausführung mit einem aktiven und einem passiven oder mechanischen Reaktionsmomentsimulator ist besonders bevorzugt, da so eine redundante Erzeugung einer haptischen Rückwirkung am Lenkrad sichergestellt werden

kann. Vorzugsweise wirkt der elektronisch ansteuerbare Motor direkt auf die Lenkradwelle.

[0014] Der passive Reaktionsmomentsimulator weist vorzugsweise zumindest ein elastisches Mittel, wie eine Feder, und ggf. einen Dämpfer auf und gibt dem Lenkrad eine Grundcharakteristik. Vorzugsweise sind zwei Federn vorgesehen, zwecks Erzeugung einer Lenkungsbediencharakteristik beim Drehen eines Lenkrads in beide Drehrichtungen. Darüber wird so vorteilhaft eine Mittenzentrierung des Lenkrades bei ausgefallenem Motor ermöglicht. Als Feder können vorgespannte Dreh- oder Druckfedern verwendet werden. Bei Verwendung von Druckfedern wandelt vorzugsweise ein Rotations-Translations-Getriebe, d. h. eine Spindel mit einer Mutter, die Linearbewegung der Federn in eine Rotationsbewegung der Lenkstange. Bei Drehfedern werden vorzugsweise über ein Rot-Rot-Getriebe, z. B. ein Umlaufgetriebe (Planetengetriebe), die Umdrehungen der Lenkstange auf eine Umdrehung der Feder umgesetzt. Als Dämpfer werden je nach verwendeter Feder- bzw. Getriebeart Rotations- oder Translations-Dämpfer eingesetzt. Durch das Spindelgetriebe wird vorzugsweise eine Untersetzung in einem Bereich von 15 bis 30, vorzugsweise ca. um den Faktor 20, realisiert.

[0015] Vorzugsweise weist der aktive Reaktionsmomentsimulator ein Umlaufgetriebe (Planetengetriebe) auf, bei dem ein von dem Motor angetriebenes Sonnenrad über drei in einem Hohlrad laufenden Planetenrädern mit einem Planetenträger wirkverbunden ist, der mit der Lenkradwelle verbunden ist und ein Moment auf das Lenkrad übertragen kann. Durch das Umlaufgetriebe wird vorzugsweise eine Untersetzung in einem Bereich von 2 bis 3, vorzugsweise ca. um den Faktor 2,3, realisiert.

[0016] Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, dass das elastische Mittel des mechanischen Reaktionsmomentsimulators so ausgebildet ist und/oder der Motor des aktiven Reaktionsmomentsimulators so gesteuert wird, dass bei einer Verdrehung der Lenkradwelle um eine Null-Lage in beide Richtungen das vom Fahrer aufzubringende Lenkmoment mit steigendem Lenkradwinkel annähernd linear ansteigt. Dabei wird vorzugsweise die Charakteristik des bei der Verdrehung des Lenkrads aufgebrachten Reaktionsdrehmoments annähernd gleich wie bei der Lenkradcharakteristik herkömmlicher Servolenkungen eingestellt. Insbesondere wird ein "Anfangsbereich" vorgesehen, bei dem die Zunahme der Lenkkraft mit steigendem Lenkradwinkel relativ rasch, z. B. ca. 0,05 Nm-Zunahme pro 1° Lenkradwinkeländerung, erfolgt.

[0017] Es ist vorgesehen, dass der Simulatoreinheit eine Einrichtung zur Erfassung des Lenkraddrehwinkels zugeordnet ist. Das Lenkraddrehmoment wird über den Lenkraddrehwinkel sowie zusätzliche dynamische Fahrzeugkenngrößen, wie Fahrzeuggeschwindigkeit und Giermoment, ermittelt. Das Reaktionsmoment wird dann nach Maßgabe des erfassten Lenkraddrehwinkels bzw. des ermittelten Lenkraddrehmoments durch eine entsprechende Ansteuerung des Motors erzeugt.

[0018] In Ausgestaltung der Erfindung wird durch eine entsprechende Ausbildung von Gewindespindelachse und Spindelmutter und/oder dem elastischen Mittel des mechanischen Reaktionsmomentsimulators der maximale Drehwinkel der Lenkradwelle auf einen Winkel in einem Bereich von 90° bis 900°, vorzugsweise von 600° bis 900°, insbesondere ca. 720°, jeweils in beide Richtungen mechanisch begrenzt.

[0019] Erfindungsgemäß wird das elastische Mittel des mechanischen Reaktionsmomentsimulators so vorgespannt und/oder der Motor des aktiven Reaktionsmomentsimulators so gesteuert, dass bei losgelassenem Lenkrad, wenn der

Fahrer kein oder nur ein relativ geringes Moment aufbringt und wenn das Fahrzeug sich bewegt, das Lenkrad selbständig in die Null-Lage zurücklenkt.

[0020] Beim Abstellen des Fahrzeuges bzw. beim Abschalten des Systems wird das Lenkrad vorzugsweise in der letzten Position fixiert.

[0021] Nach der Erfindung wird das elastische Element des mechanischen Reaktionsmomentsimulators so vorgespannt, dass aus einer Null-Lage der Lenkradwelle in einem Anfangsbereich bis zu einem relativ geringen Lenkradwinkel, vorzugsweise ca. 5° bis 30°, insbesondere ca. 20°, das Moment annähernd linear ansteigt von ca. 0 Nm bis ca. 1 Nm und in einem zweiten Bereich ab diesem relativ geringen Lenkradwinkel bis zu der Endstellung, d. h. vorzugsweise ein Lenkradwinkel von ca. 720°, das Moment annähernd linear ansteigt von ca. 1 Nm bis ca. 3 Nm. Durch eine Ansteuerung des Motors des aktiven Reaktionsmomentsimulators kann darüber hinaus vorteilhaft – über diese Grundcharakteristik hinaus – am Lenkrad ein Moment von ca. 3 bis 5 Nm, vorzugsweise ca. 4 Nm, eingestellt werden.

[0022] Es ist nach der Erfindung vorgesehen, den mechanischen Reaktionsmomentsimulator als mechanische Rückfallebene für den Fall einer Störung oder eines Ausfalls eines aktiven Reaktionsmomentsimulators auszubilden.

[0023] Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, dass die Simulatoreinheit zur Einstellung eines auf das Lenkrad wirkenden Reaktionsmoments einer Steer-by-wire-Lenkung vorgesehen ist, bei der das Lenkrad und die gelenkten Fahrzeugräder nur über eine Regelstrecke gekoppelt sind, wobei eine mechanische Verbindung zwischen dem Lenkrad und den lenkbaren Fahrzeugrädern nicht vorliegt. Als Steer-by-wire-Lenkung kann z. B. eine elektromechanische oder eine elektrohydraulische Servolenkung eingesetzt werden, wobei als Energiequelle für die Lenkfunktion direkt ein Elektromotor oder eine einen hydraulischen Druck erzeugende Motor-Pumpen-Einheit eingesetzt wird.

[0024] Vorzugsweise aber weist die Fahrzeuglenkung ein elektromechanisches Stellaggregat zum Verschwenken der lenkbaren Fahrzeugräder auf (elektromechanische Lenkung).

[0025] Die Erfindung wird nun anhand eines Ausführungsbeispiels und durch zwei Abbildungen (Fig. 1 und 2) beispielhaft näher erläutert.

[0026] In der Fig. 1 ist ein Bedienmodul einer Steer-by-wire-Fahrzeuglenkung mit einem aktiven und passiven (mechanischen) Reaktionsmomentsimulator in einem Querschnitt schematisch dargestellt.

[0027] In der Fig. 2 ist ein Momentenverlauf am Lenkrad durch einen erfindungsgemäßen passiven (mechanischen) Reaktionsmomentsimulator dargestellt.

[0028] Das in der Fig. 1 gezeigte Bedienmodul hat die Funktion, den Lenkradwinkel als Sollwert für ein elektromechanisches Stellaggregat zum Verschwenken der Räder zu messen, sowie dem Fahrer eine Rückmeldung der Verhältnisse (Kräfte) am Rad in Form eines Moments am Lenkrad 1 zu geben. Dabei wird ein redundantes Konzept für die Rückmeldung durch den Einsatz von zwei im Grundsatz unabhängigen Reaktionsmomentsimulatoren, d. h. durch einen aktiven und einen passiven (mechanischen) Reaktionsmomentsimulator, realisiert.

[0029] Der mechanische Reaktionsmomentsimulator umfasst eine drehfest mit dem Lenkrad 1 verbundene Lenkradwelle 2, die zumindest in einem Teilbereich als Gewindespindel 3 ausgebildet ist, eine Spindelmutter 4 mit Rollkörpern 5, zwei Druckfedern 6, 7 und ein Gehäuse 8. Die Gewindespindel 3 ist hier als Kugelgewindespindel, die Spindelmutter 4 als eine Kugelmutter und die Rollkörper 5 sind hier als Kugel ausgebildet. Die Federn 6, 7 sind an einem

Ende (innen) über einen festen Kugelmutter-Anschlag 9 und am anderen Ende (außen) über Gehäusewandungen 10, 11 zwischen der Kugelmutter 4 bzw. Anschlag 9 und dem Gehäuse 8 vorgespannt. Die Federn 6, 7 wirken in beide Richtungen längs der Lenkradwelle 2, so dass für beide Drehrichtungen des Lenkhandrads 1 ein mechanisches Reaktionsmoment dem Lenkhandrad 1 aufgeprägt wird. Zu erkennen ist hier die konzentrische Anordnung der Bauteile um die Lenkradwelle 2 oder Lenkradachse, wodurch eine kompakte Baueinheit in dem Gehäuse 8 und insgesamt ein relativ geringer Bauraum ermöglicht wird.

[0030] Durch Drehung am Lenkrad 1 wird über den spindelstangenartigen Bereich 3 der Lenkradwelle 2 die Kugelmutter 4 verdreht, wodurch eine Feder 6, 7 komprimiert wird und ein der Drehrichtung des Lenkrads 1 entgegengesetztes Moment erzeugt. Damit wird zumindest durch diesen passiven oder rein mechanischen Reaktionsmomentsimulator eine Grundcharakteristik dem Lenkrad 1 aufgeprägt.

[0031] Eine aktive Einstellung eines gewünschten Reaktionsmoments erfolgt über den aktiven Reaktionsmomentsimulator. Dieser weist im wesentlichen vorzugsweise nur einen Motor 24 auf, wodurch ein Moment bzw. eine Kraft auf die Lenkradwelle und somit auf das Lenkrad 1 übertragbar ist. In der Fig. 1 ist der Motor 24 mit der Lenkradwelle 2 über eine Getriebe-Anordnung verbunden gezeigt, die ggf. zusätzlich vorgesehen wird. Die Getriebe-Anordnung umfasst ein Planetengetriebe, das im wesentlichen aus 3 Planetenrädern 20, einem Planetenträger 21, einem Hohlrad 22, einem Sonnenrad 23 und einem Gehäuse 25 besteht. Das Sonnenrad 23 ist mit dem Motor 24 als Antrieb verbunden. Der Abtrieb des Planetengetriebes erfolgt über die Planetenräder 20, den Planetenträger 21, der drehfest an der Lenkradwelle 2 angeordnet ist. Das Getriebe ist konzentrisch um die Lenkradwelle 2 in dem Gehäuse 25 angeordnet. Das Hohlrad 22 des Planetengetriebes ist integriert bzw. fest mit dem Gehäuse 25 verbunden.

[0032] Es können auch beide Gehäuse 8, 25 zu einem gemeinsamen Gehäuse einer Simulatoreinheit zusammengefasst werden (hier nicht dargestellt). Ferner wird der Drehwinkel sowie das auf das Lenkrad 1 übertragene Moment durch die Sensoren 26, 27 erfasst, wobei zumindest der Drehwinkel durch mehrere Sensoren 26 vorteilhaft redundant erfasst wird.

[0033] Der Motor 24 wird von einer elektronischen Regel- und Steuereinheit (hier nicht dargestellt) so gesteuert, dass über das Sonnenrad 23, Planetenräder 20, Planetenträger 21 und Lenkradwelle 2 ein gewünschtes Moment erzeugbar ist, welches das durch den mechanischen Reaktionssimulator erzeugte Grundmoment überlagert und eine "feinfühlig" und situationsangepasste Lenkmomenteinstellung ermöglicht. Es wird dem Fahrer durch Einleitung des Reaktionsmoments so das Lenkgefühl entsprechend den an den lenkbaren Rädern wirkenden Kräften in Abhängigkeit vom Lenkradwinkel generiert. Wird das Lenkrad wieder in Mittelposition gedreht, nimmt das Moment zumindest bis auf eine Vorspannung durch den mechanischen Reaktionsmomentsimulator wieder ab. Weiterhin kann damit das Lenkrad in einer Mittelposition zentriert werden. Der Übergang zwischen den elastischen Elementen, insbesondere Federn wird darüber hinaus hier durch ein "Dämpfungselement", z. B. ein elastisches Element aus einem Kunststoff "verschliffen", damit ein abrupter Wechsel der Momenteinleitung zwischen den beiden Federn vermieden wird. Als Kunststoff sind Elastomere bzw. Gummiwerkstoffe oder Schaumstoffe bevorzugt, die eine relativ große Formänderung mitmachen und anschließend sofort wieder in den Ausgangszustand zurückkehren.

[0034] In der Fig. 2 ist ein Verlauf des Moments  $M_C$  am Lenkrad gegen den Lenkradwinkel  $\delta_C$  dargestellt, der durch einen erfindungsgemäßen passiven (mechanischen) Reaktionsmomentsimulator eingestellt wird. Die durch den passiven Reaktionsmomentsimulator aufgeprägte Lenk-Grundcharakteristik weist einen Anfangsbereich (I) auf, bei dem bis zu einem relativ geringen Lenkradwinkel  $\delta_C$  von ca. 20° das Moment  $M_C$  annähernd linear ansteigt von ca. 0 Nm bis ca. 1 Nm. Das bedeutet, es wird ein Anfangsbereich (I) vorgesehen, bei dem die Zunahme der Lenkkraft mit steigendem Lenkradwinkel  $\delta_C$  relativ rasch mit ca. 0,05 Nm-Zunahme pro 1° Lenkradwinkeländerung, erfolgt. In einem zweiten Bereich (II) steigt das Moment von ca. 1 Nm ab dem relativ geringen Lenkradwinkel  $\delta_C$  von 20° annähernd linear an bis ca. 3 Nm in einer Endstellung von ca. 720°.

[0035] Diese Grundcharakteristik kann durch eine Ansteuerung des Motors 24 des aktiven Reaktionsmomentsimulators darüber hinaus vorteilhaft überlagert werden und es wird z. B. ein für den Fahrer gewohntes Moment von ca. 3 bis 5 Nm, vorzugsweise ca. 4 Nm, eingestellt. Somit kann durch die Erfindung mittels der verwendeten zwei Reaktionsmomentsimulatoren vorteilhaft ein Reaktions-Drehmoment in Abhängigkeit vom Lenkradwinkel und weiteren Parametern, wie Fahrzeuggeschwindigkeit, durch den Fahrer aufgebracht Lenkradmoment und Fahrbahnzustand, sicher und für den Fahrer nachvollziehbar generiert werden, wobei die Grundfunktionen redundant sind, so dass zumindest immer eine Grund-Lenkradcharakteristik (Grund-Reaktionsmoment) wirksam ist, auch wenn der aktive Reaktionsmomentsimulator eine Funktionsstörung aufweist.

#### Patentansprüche

1. Simulatoreinheit für ein Lenkrad einer Fahrzeuglenkung, die Mittel aufweist, um ein Reaktionsmoment zu erzeugen, das entgegengesetzt ist zu einem Lenkmoment, welches durch eine Drehbewegung des Lenkrads durch den Fahrer aufgebracht werden kann, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Simulatoreinheit ein mechanischer Reaktionsmomentsimulator zugeordnet ist, der eine mit dem Lenkrad im wesentlichen drehfest verbundene Lenkradwelle aufweist, die zumindest in einem Teilbereich als eine Gewindespindel, vorzugsweise eine Kugelgewindespindel, ausgebildet ist, die bei einer Drehbewegung eine längs der Gewindespindelachse verschiebbliche Spindelmutter, vorzugsweise eine Kugelmutter, antreibt, die auf ein elastisches Mittel wirkt, zwecks Erzeugung eines Reaktionsmoments.
2. Simulatoreinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das elastische Mittel durch die Bewegung der Kugelmutter im wesentlichen längs der Gewindespindelachse elastisch verformbar ist.
3. Simulatoreinheit nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass als elastisches Mittel eine im wesentlichen gewundene Druckfeder vorgesehen ist, die konzentrisch um die Gewindespindel angeordnet ist.
4. Simulatoreinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zwei elastische Mittel, vorzugsweise zwei Druckfedern, vorgesehen sind, zwecks Erzeugung eines Reaktionsmoments beim Drehen der Lenkradwelle in beide Drehrichtungen.
5. Simulatoreinheit für ein Lenkrad einer Fahrzeuglenkung, insbesondere nach Anspruch 1, die Mittel aufweist, um ein Reaktionsmoment zu erzeugen, das entgegengesetzt ist zu einem Lenkmoment, welches durch eine Drehbewegung des Lenkrads durch den Fahrer aufgebracht werden kann, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Simulatoreinheit ein aktiver Reaktionsmo-

mentsimulator zugeordnet ist, der einen elektronisch ansteuerbaren Motor aufweist, der direkt oder über ein Getriebe auf die Lenkradwelle wirkt, zwecks Erzeugung eines Reaktionsmoments.

6. Simulatoreinheit nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der aktive Reaktionsmomentsimulator ein Umlaufgetriebe (Planetengetriebe) aufweist, bei dem ein von dem Motor angetriebenes Sonnenrad über drei in einem Hohlrad laufende Planetenräder mit einem Planetenträger wirkverbunden ist, der mit der Lenkradwelle verbunden ist und ein Moment auf das Lenkrad übertragen kann.

7. Simulatoreinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das elastische Mittel des mechanischen Reaktionsmomentsimulators so ausgebildet ist und/oder der Motor des aktiven Reaktionsmomentsimulators so gesteuert wird, dass bei einer Verdrehung der Lenkradwelle um eine Null-Lage in beide Richtungen das vom Fahrer aufzubringende Lenkmoment mit steigendem Lenkradwinkel annähernd linear ansteigt.

8. Simulatoreinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass durch eine entsprechende Ausbildung von Gewindespindelachse und Spindelmutter und/oder dem elastischen Mittel des mechanischen Reaktionsmomentsimulators der maximale Drehwinkel der Lenkradwelle auf einen Winkel in einem Bereich von  $600^\circ$  bis  $900^\circ$ , vorzugsweise ca.  $720^\circ$ , jeweils in beide Richtungen mechanisch begrenzt wird.

9. Simulatoreinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das elastische Mittel des mechanischen Reaktionsmomentsimulators so vorgespannt wird und/oder der Motor des aktiven Reaktionsmomentsimulators so gesteuert wird, dass bei losgelassenem Lenkrad, wenn der Fahrer kein oder nur ein relativ geringes Moment aufbringt und wenn das Fahrzeug sich bewegt, das Lenkrad selbständig in die Null-Lage zurücklenkt.

10. Simulatoreinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das elastische Element des mechanischen Reaktionsmomentsimulators so vorgespannt wird, dass aus einer Null-Lage der Lenkradwelle in einem Anfangsbereich bis zu einem relativ geringen Lenkradwinkel, vorzugsweise ca.  $5^\circ$  bis  $30^\circ$ , insbesondere ca.  $20^\circ$ , das Moment annähernd linear ansteigt von ca. 0 Nm bis ca. 1 Nm und in einem zweiten Bereich ab diesem relativ geringen Lenkradwinkel bis zu der Endstellung, d. h. vorzugsweise ein Lenkradwinkel von ca.  $720^\circ$ , das Moment annähernd linear ansteigt von ca. 1 Nm bis ca. 3 Nm.

11. Simulatoreinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der mechanische Reaktionsmomentsimulator als mechanische Rückfallebene für den Fall einer Störung oder eines Ausfalls eines aktiven Reaktionsmomentsimulators vorgesehen ist.

12. Simulatoreinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Simulatoreinheit zur Einstellung eines auf das Lenkrad wirkenden Reaktionsmoments einer Steer-by-wire-Lenkung vorgesehen ist, bei der das Lenkrad und die gelenkten Fahrzeugräder nur über eine Regelstrecke gekoppelt sind, wobei eine mechanische Verbindung zwischen dem Lenkrad und den lenkbaren Fahrzeugrädern nicht vorliegt.

13. Simulatoreinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Fahrzeuglenkung ein elektromechanisches Stellaggregat zum Ver-

schwenken der lenkbaren Fahrzeugräder aufweist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

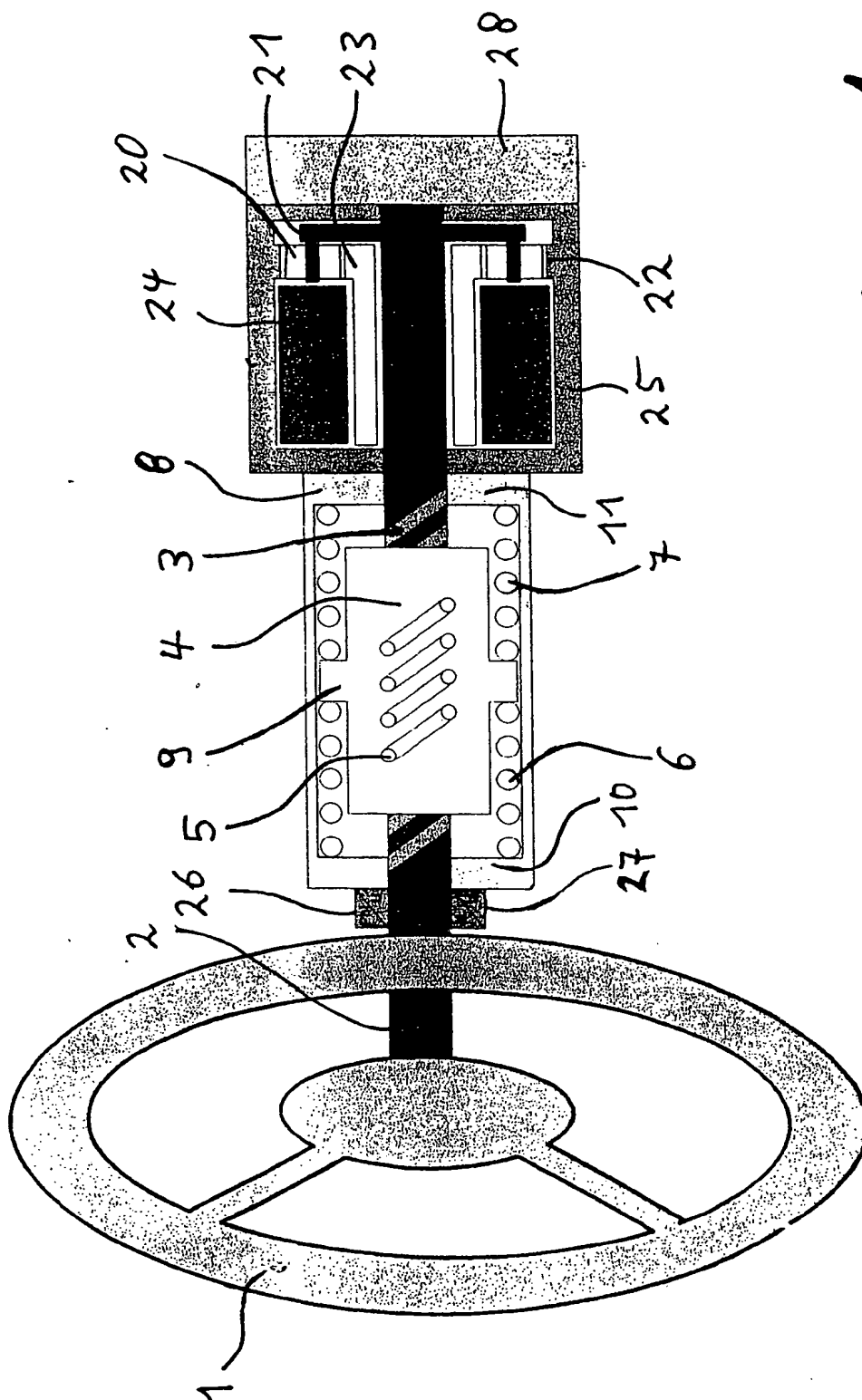


Fig. 1



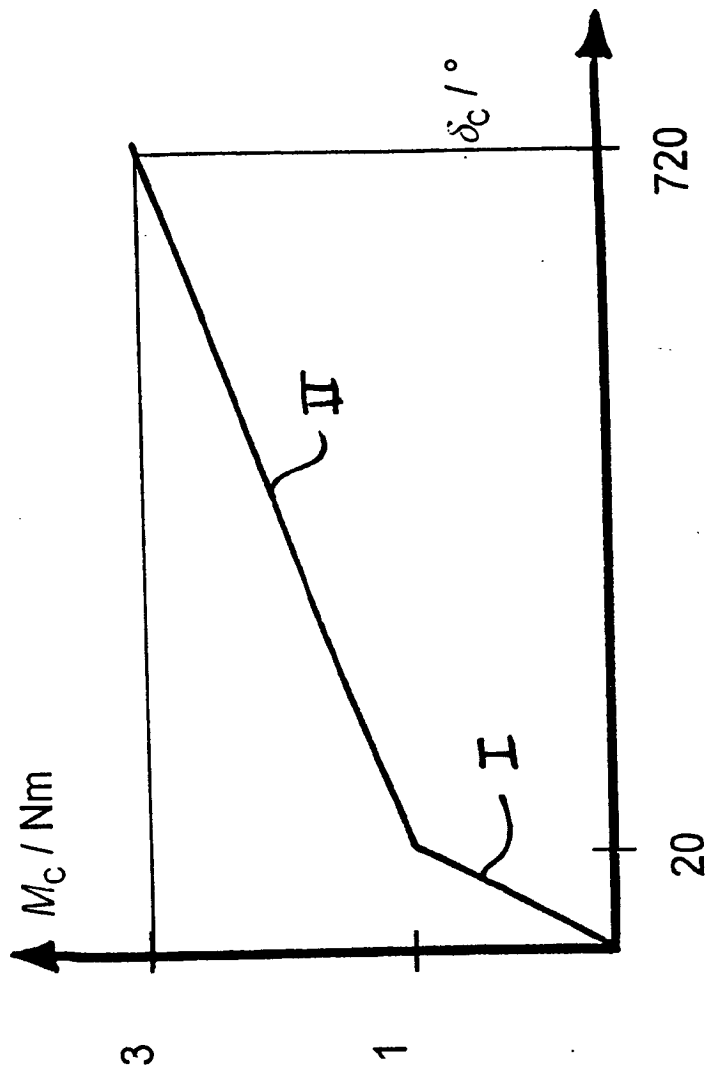


Fig. 2

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**